

- مقدمة:

النشاط الإشعاعي ظاهرة تم اكتشافها على يد العالم أنطوان هنري بيكرل و الذي كان يهتم بالأشعة السينية و دراستها، و كان يدرس كل ما يخصها من تفاصيل و اكتشف أن اليورانيوم من العناصر المشعة، و بعدها أكمل العلماء دراسات عن العناصر المشعة، و عن ظاهرة النشاط الإشعاعي و قاموا باكتشاف عناصر أخرى مشعة من بينها الراديوم.

1- النشاط الإشعاعي الطبيعي:

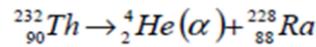
هو خاصية ذرية لبعض المواد حيث تقوم هذه الأخيرة بإصدار إشعاعات مختلفة من تلقاء نفسها، و يرافق هذه الإشعاعات تفكك النواة و تدعى هذه النواة بالنواة المشعة، بينما تسمى النواة التي لا تتفكك بالنواة المستقرة. و يرافق عادة التفكك الإشعاعي تغيرا في A و Z.

- طبيعة الإشعاع:

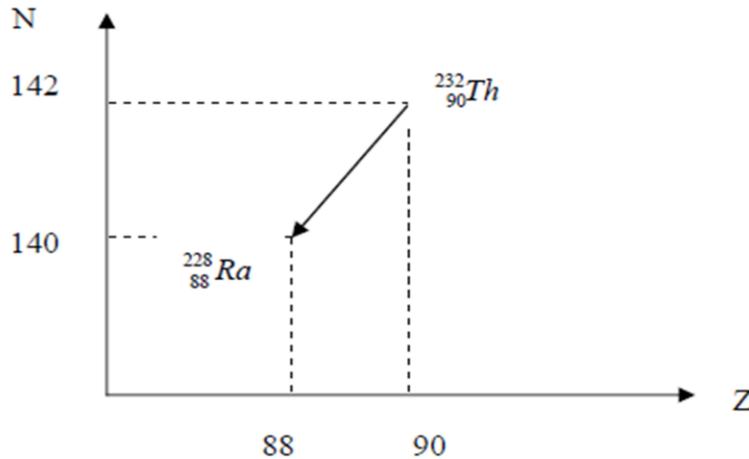
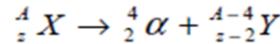
وجد العالم *Rutherford* أن الإشعاعات المنبعثة من المواد المشعة ليست من طبيعة واحدة و اقترح تصنيفها إلى:

• إشعاعات α :

رأينا أن الدقائق α هي نوى هليوم أو هليونات ${}^4_2\text{He}^{+2}$ تصدرها بصورة رئيسية النوى الثقيلة. عندما تصدر الذرة دقيقة α فإن عددها الذري ينقص بمقدار وحدتين وينقص عدد النيوترونات N بمقدار وحدتين.



مثال:

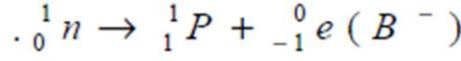


الشكل 1

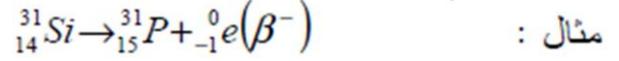
• إشعاعات β :

يمكن أن تكون الدقائق β إلكترونات سالبة (نغاتونات) أو موجبة (بوزيتونات).
-الإشعاع β^- :

يتشكل النغاتون (الإلكترون) عند تحول نوترون في النواة إلى بروتون حسب التفاعل الآتي:

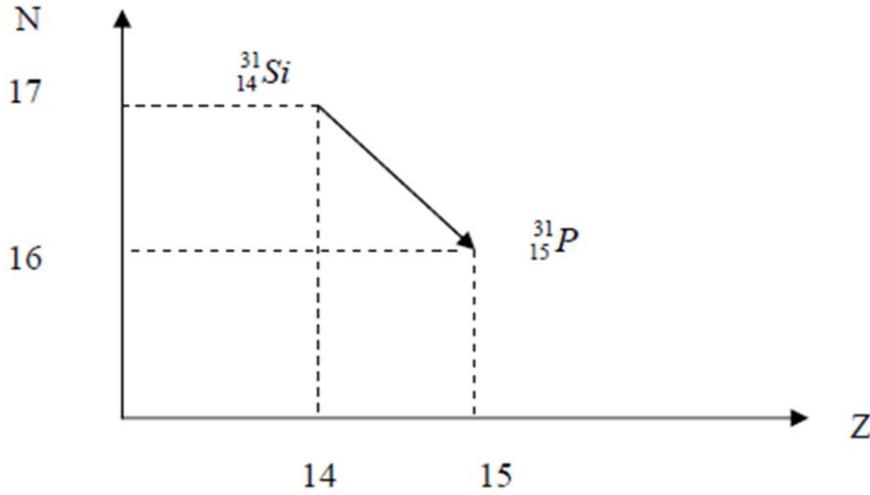


تثبت النوكليدات إلكترونات عندما تكون النسبة N/Z مرتفعة جدا.



مثال:

يكبر Z بمقدار الوحدة وينقص N بمقدار الوحدة (الشكل 2).



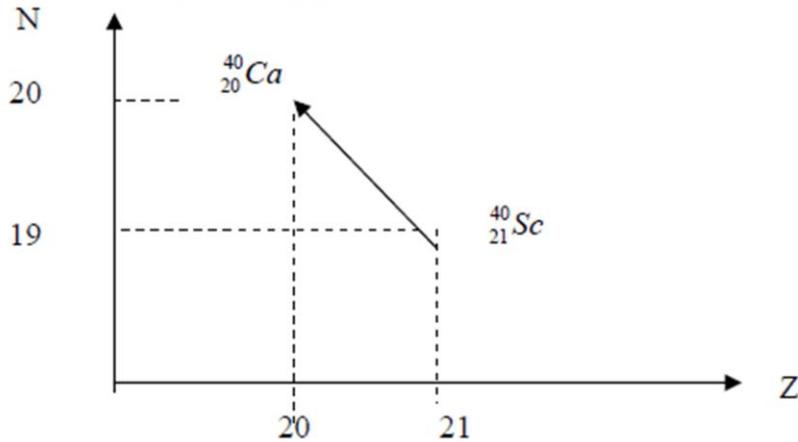
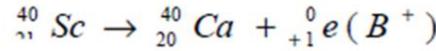
الشكل 2

- الإشعاع β^+ :

يتشكل البوزتون عند تحول بروتون إلى نوترون حسب التفاعل الآتي:

${}_1^1p \rightarrow {}_0^1n + {}_{+1}^0e (B^+)$ ينقص العدد الذري Z بمقدار الوحدة ويكبر N عدد النوترونات بمقدار الوحدة .

مثال:



الشكل 3

• إشعاعات γ :

تصدر الأشعة γ التي هي إشعاعات كهرومغناطيسية ذات طول موجي قصير جدا (من 10° إلى $10A^{\circ}$) عند مرور نواة من حالة مثارة إلى حالة أقل إثارة.



غالبا ما يرافق بث الدقائق α و β هيجان داخلي شديد جدا في النواة ويفسر هذا ببث إشعاع كهرومغناطيسي وهو إشعاع γ ليس له كتلة ولا شحنة.



2- قوانين النشاط الإشعاعي:

• قانون التهاافت الإشعاعي أو التناقص الإشعاعي:

إن قانون التناقص الإشعاعي يطبق على العناصر المشعة الطبيعية و الاصطناعية، ولا يتأثر التناقص الإشعاعي لا بالحرارة ولا بالتركيب الكيميائي الذي توجد فيه النواة المشعة و لكن عدد الأنوية المشعة في عينة ما يتغير مع الزمن:

ليكن:

dN : التغير في عدد الأنوية المشعة التي تفككت خلال تغير في الزمن dt .

N_0 : عدد الأنوية في اللحظة الابتدائية.

N_t : عدد الأنوية في اللحظة الزمنية t .

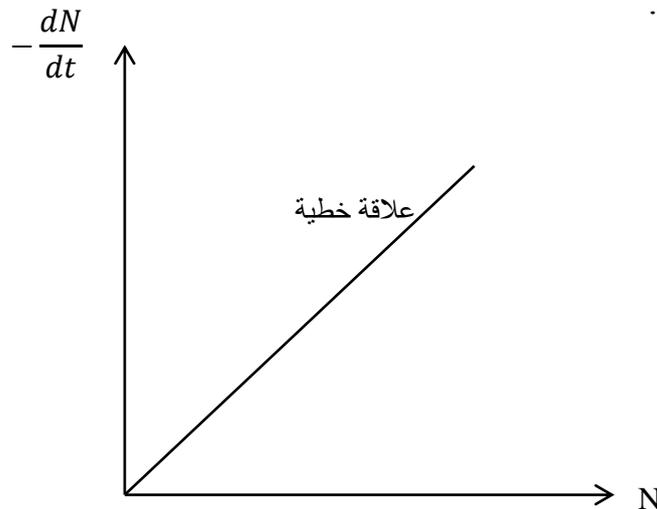
فيكون $dN = N_0 - N_t$ و هي كمية ضائعة

يمكن كتابة سرعة التفكك: $v = -\frac{dN}{dt}$

إشارة (-) توضع لتوضيح أن هناك نقصان في عدد الأنوية.

تبين النتائج أن سرعة التفكك تتناسب طردا مع عدد الأنوية الموجودة في اللحظة t .

تجريبيا نحصل على البيان:



من شكل البيان يمكن كتابة المعادلة:

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N \dots \dots \dots (1)$$

حيث λ الثابت الإشعاعي أو ثابت التهافت.

كما نستطيع كتابة العلاقة (1):

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

بتكامل هذه المعادلة:

$$\int_{N_0}^{N_t} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt$$

عندما $N = N_0$ ، $t = 0$

$$\ln N \Big|_{N_0}^{N_t} = -\lambda t \Rightarrow \ln \frac{N_t}{N_0} = -\lambda t$$

$$\Rightarrow \frac{N_t}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow N_t = N_0 e^{-\lambda t}$$

و هو قانون التهافت الإشعاعي.

• الدور T:

هو الزمن اللازم الذي تتهافت فيه نصف عدد الأنوية الابتدائي N_0 إذن عند $t = T$ فإن $N = \frac{N_0}{2}$ و منه:

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda t}$$

$$\ln 2 = \lambda T \Rightarrow T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

- نلاحظ أن الدور T لا يتعلق بعدد الأنوية الابتدائية و لكن يتعلق فقط بالثابت الإشعاعي λ .
- كل نواة لها دور و يختلف الدور من عنصر إلى آخر.

• الفعالية الإشعاعية (A) أو النشاطية:

نعبر عن الفعالية الإشعاعية بـ A و هي عدد التهاافتات في واحدة الزمن.

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

و يمكن التعبير عنها بـ:

dpm: عد التهاافتات في الدقيقة

dps: عد التهاافتات في الثانية

Ci: الكيري (1e curie) حيث:

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ dps}$$

$$1 \text{ mCi} = 10^{-3} \text{ Ci}$$

$$1 \mu\text{Ci} = 10^{-6} \text{ Ci}$$

سؤال:

أحسب فعالية 1g من الراديوم ^{226}Ra بـ dps علما أن الدور $T = 1620 \text{ ans}$ و $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$.

الحل:

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N = \frac{\ln 2}{T} \cdot N = \frac{0,69}{T} \cdot \frac{N_A}{226}$$

$$A = \frac{0,69}{1620 \times 365 \times 24 \times 3600} \times \frac{6,023 \cdot 10^{23}}{226}$$

$$A = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ dps} = 1 \text{ Ci}$$

الكوري (Le curie): هو الفعالية الإشعاعية لغرام واحد من الراديوم النقي في الثانية (تقريبا) و

يساوي $3,7 \cdot 10^{10}$.

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ dps}$$

كما يعبر عن الفعالية الإشعاعية بوحدة البيكرل Bq و يمثل البيكرل إنحلالا واحدة لكل ثانية.

• علاقة التهاافت بدلالة الفعالية:

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$A = \lambda N \Rightarrow N = \frac{A}{\lambda} \Rightarrow$$

$$\frac{A}{\lambda} = \frac{A_0}{\lambda} e^{-\lambda t} \Rightarrow A_t = A_0 e^{-\lambda t}$$

حيث: A_0 هي الفعالية الابتدائية عند الزمن $t=0$ ، A_t هي الفعالية عند الزمن t

• علاقة النصف حياة بدلالة الكتلة:

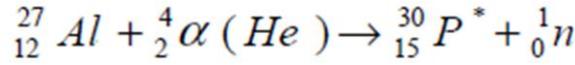
$$N = \frac{m \cdot N_A}{M}, \quad N_0 = \frac{m_0 \cdot N_A}{M}$$

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{m \cdot N_A}{M} = \frac{m_0 \cdot N_A}{M} e^{-\lambda t}$$

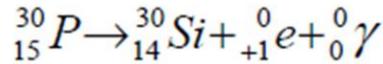
$$\Rightarrow m_t = m_0 e^{-\lambda t}$$

3- النشاط الإشعاعي الاصطناعي و التفاعلات النووية:

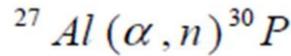
اكتشفت الإشعاعية الاصطناعية من قبل إيرن وفريدريك جوليو - كوري عام 1934. بعض النوى المستقرة إذا قذفت بدقائق (α, n, p) تصبح مشعة فتولد بدورها عناصر أخرى مستقرة أو مشعة. مثال: أول تفاعل سمح باكتشاف الإشعاعية الاصطناعية هو:



العنصر ${}_{15}^{30}P^*$ يتهافت بدروه حسب التفاعل :



التفاعل الأول لديه التوسيم المختصر :



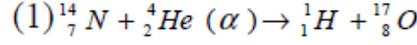
-التفاعلات النووية الاصطناعية تنقسم إلى ثلاثة أنواع:

- (1) الإستحالة.
- (2) تفاعل الإنشطار.
- (3) تفاعل الإنصهار أو الإلتحام.

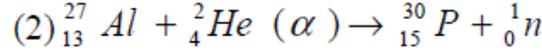
(1) الإستحالة النووية:

تنتج هذه التفاعلات نوكليدات يساوي عدد كتلتها أو يقارب جدا كتلة النوكليد الذي استخدم كهدف. النوكليدات المتشكلة تكون مستقرة أو مشعة.
مثال :

1- تَقذف ذرات الازوت بدقائق α فتولد ذرات الأوكسجين مع البروتون حسب التفاعل الآتي:



2- تَقذف ذرات الألمينيوم بدقائق فتولد ذرات الفوسفور مع نيترون حسب التفاعل الآتي:

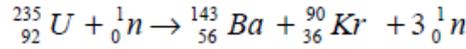


التوسيمان المختصران للتفاعلين هما: ${}_{13}^{27}Al(\alpha, n){}_{15}^{30}P, {}_{13}^{27}Al(\alpha, p){}_{14}^{27}Si$.

(2) الإنشطار النووي:

في هذه التفاعلات النوى الناتجة لديها عدد كتلي محصور بين 72 و 162 ($A < 162$) أخف بكثير من النواة الهدف التي هي نواة ذات عدد كتلي مرتفع ($A > 200$).

مثال : قذف ذرة الايرانيوم ${}_{92}^{235}U$ بنيترون ${}_0^1n$:



ويمكن أن تكون نوكليدات أخرى مثل:



يحرر كل إنشطار طاقة هائلة أكثر من الطاقة التي يحررها تفاعل الإستحالة النووية بـ 12 مرة.

- تطبيق :

النترونات المتحررة من انفجار نواة ${}_{92}^{235}U$ تسبب انفجار نوى آخر وتولد هذه النوى بدورها نترونات n أخرى التي تسبب انفجار آخر، التفاعل تسلسلي في الحالة المذكورة لا يمكن التحكم بالطاقة المتحررة. هذه الأخيرة هي التي تعطي القنبلة الذرية و المفاعل النووي هو الذي يتحكم في هذه الطاقة المتحررة بامتصاص جزء من نترونات الإنشطار n .

4) تفاعل الإنصهار أو الإلتحام:

تتجمع النوى الخفيفة لتكوين نوى أثقل .

مثال : انصهار نواة الدوتريوم ${}^2_1H = {}^2D$ والتريسيوم ${}^3_1T = {}^3H$ لإعطاء نواة الهليوم (النواة الأثقل)
حسب التفاعل التالي: (طاقة) ${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n + E$

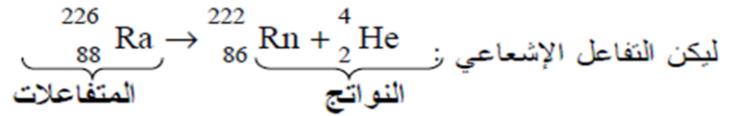
هذا التفاعل هو المستخدم في القنبلة الهيدروجينية.
تحرر تفاعلات الإنصهار كميات هائلة من الطاقة أكثر منها في الإنشطار وتتطلب درجة حرارة كبيرة جدا.

• طاقة التفاعل النووي:

إن التفاعلات الإشعاعية (الطبيعية أو الاصطناعية) عامة يرافقها نشر أو امتصاص طاقة على شكل علاقة إينشتاين $\Delta E = \Delta m C^2$ مع سرعة الضوء $C = 3.10^8 m/s$ و Δm (Kg) = مجموع كتل النواتج - مجموع كتل المتفاعلات. فيكون التفاعل ماص أو ناشر للطاقة .

- في حالة $\Delta m < 0$ (وهذا يكون غالبا في التفاعلات الإشعاعية الطبيعية فإن التفاعل ناشر للطاقة $\Delta E > 0$).

- أما في حالة $\Delta m > 0$ فإن التفاعل ماص للطاقة $\Delta E < 0$:
مثال :



المعطيات :

كتلة Ra : 226,0254 uma

كتلة Rn : 222,0175 uma

كتلة He : 4,0026 uma

حساب الطاقة :

$$\Delta E = \Delta m . C^2$$

الوحدات هي: (ال جول) J للطاقة ΔE , Kg للكتلة Δm و m/s لسرعة الضوء C.

$$\Delta m = [222,0175 + 4,0026] - 226,0254 \\ = -0,0053 \text{ uma}$$

نعلم أن:

$$1 \text{ uma} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$\Delta m = -0,0053 \times 1,66 \cdot 10^{-27} = -8,8 \cdot 10^{-30} \text{ Kg}$$

$\Delta m < 0$ إذن التفاعل ناشر للطاقة

$$\Delta E = -8,8 \cdot 10^{-30} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = -7,9 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

هذه طاقة لذرة واحدة من Ra

لمول من الذرات:

$$\Delta E = -7,9 \cdot 10^{-13} \times 6,02 \cdot 10^{23} = -47,6 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

4- العائلات أو الأسر الإشعاعية:

يمكن أن تكون النواة المتشكلة عند تهاافت ما مشعة فتولد بنفسها نواة أخرى غير ثابتة و التي تتهافت بدورها لإعطاء عنصر آخر وهكذا حتى نصل إلى العنصر الغير مشع. هذه النوكليدات تشمل سلسلة كاملة من العناصر المشعة يظهر أحدها بعد الآخر ويشكل مجموعها أسرة مشعة. لقد أمكن تصنيف النوكليدات المشعة الطبيعية الثقيلة في اسر ثلاث:

- أسرة الأورانيوم التي تساوي أعداد كتلة النوكليدات فيها $4n+2$ حيث n عدد تام.
 - أسرة الأكتينيوم - أورانيوم التي تساوي أعداد الكتلة فيها $4n+3$
 - أسرة الثوريوم التي تساوي أعداد الكتلة فيها $4n$.
- تنتهي كل من هذه الأسر الثلاث إلى نظير ثابت من الرصاص Pb .

و هناك أسرة إصطناعية وهي أسرة النبتونيوم التي تساوي أعداد الكتلة فيها $4n+1$ و تنتهي هذه الأسرة بعنصر Bi .

5- تطبيقات الإشعاعية:

للإشعاعية الطبيعية والاصطناعية عدة تطبيقات جد مهمة منها:

1. تستغل الطاقة التي يحررها إنشطار الأنوية داخل مفاعل نووي للحصول على الطاقة الكهربائية.
2. بعد معرفة الإنسان للإشعاعية والطاقة الهائلة المخزنة في النواة تمكن من صناعة السلاح النووي.
- 3- تستخدم الإشعاعية الطبيعية في تحديد عمر بعض المستحاثات والصخور والمياه الجوفية و القطع الاثرية التي تعود إلى العصور القديمة سواء بالاعتماد على ^{14}C أو ^{236}U او عناصر مشعة أخرى.
- 4- كما يستخدم في الطب ^{226}Ra لإتلاف الخلايا المصابة بداء السرطان.

كما لا يخلو النشاط الإشعاعي من المخاطر ومنها:

- 1- إن تعرض الإنسان للإشعاع النووي قد يسبب لو الإصابة بمختلف أنواع الأمراض السرطانية، ويعتمد ذلك على مقدار الجرعة الإشعاعية والمنطقة التي تتعرض للإشعاع.
- 2- هناك من الأدلة ما يشير إلى إن تعرض الأعضاء التناسلية إلى جرعات معينة من الإشعاع يؤدي إلى إصابة الإنسان بالعقم.
- 3- يحدث تلف في خلايا المخ وخلايا نخاع الشوكي وخلايا الجهاز الهضمي والتنفسي، مما يؤدي إلى الإصابة بسرطانات خطيرة ،من بينها: سرطان الدم، وسرطان الرئة ،وسرطان الغدة الدرقية، وسرطان العظام، والإصابة بعنمة عدسة العين، واورام خبيثة أخرى.
- 4- تلوث المسطحات المائية والمياه الجوفية و التربة والطبيعة.